

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-151989

(43)Date of publication of application : 30.05.2000

(51)Int.Cl.

H04N 1/387

B41J 2/52

B41J 2/525

G06T 5/00

G09G 3/20

G09G 5/00

(21)Application number : 10-316455

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 06.11.1998

(72)Inventor : KUWATA NAOKI

(54) PICTURE DATA INTERPOLATION METHOD, DEVICE THEREFOR AND MEDIUM  
RECORDED WITH PICTURE DATA INTERPOLATION PROGRAM

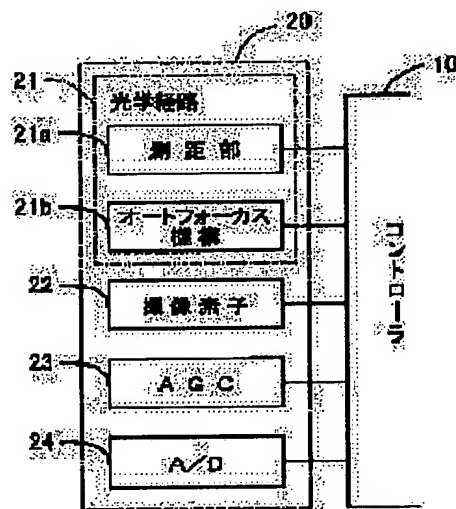
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a high speed processing without the deterioration of picture quality by realizing the correspondence of an interpolation processing in accordance with the characteristics of plural constitution elements for expressing the color tones and the brightness of the respective picture elements, executing the interpolation processing with an optimum combination and outputting picture data.

SOLUTION: The output data of an image pickup element 22 is amplified by an AGC circuit 23 and it is digitally converted by an A/D converter 24. At that time, data is that from which teeth are dropped by an RGB filter covering the image pickup element 22 and therefore an inter-output characteristic emphasis is canceled in a picture processing part. Light reception sensitivity is made flat and the bit map system picture data of three primary color reference is generated. Since JPEG

system picture data is required at last, a data system for expressing again data obtained by gradation-expressing

it by brightness for the respective colors RGB with luminance and a color difference is converted in a controller 10 for reducing the encoding burden. At that time, the colors themselves do not changed but only a coordinate system is changed. The picture is enlarged for reducing deterioration in JPEG encoding after conversion and JPEG encoding is executed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

35B003

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-151989  
(P2000-151989A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 1/387	1 0 1	H 0 4 N 1/387	1 0 1 2 C 2 6 2
B 4 1 J 2/52		G 0 9 G 3/20	6 3 2 F 5 B 0 5 7
2/525		5/00	5 2 0 A 5 C 0 7 6
G 0 6 T 5/00		B 4 1 J 3/00	A 5 C 0 8 0
G 0 9 G 3/20	6 3 2		B 5 C 0 8 2

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-316455

(22) 出願日 平成10年11月6日 (1998.11.6)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 欽田 直樹  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100096703  
弁理士 横井 俊之

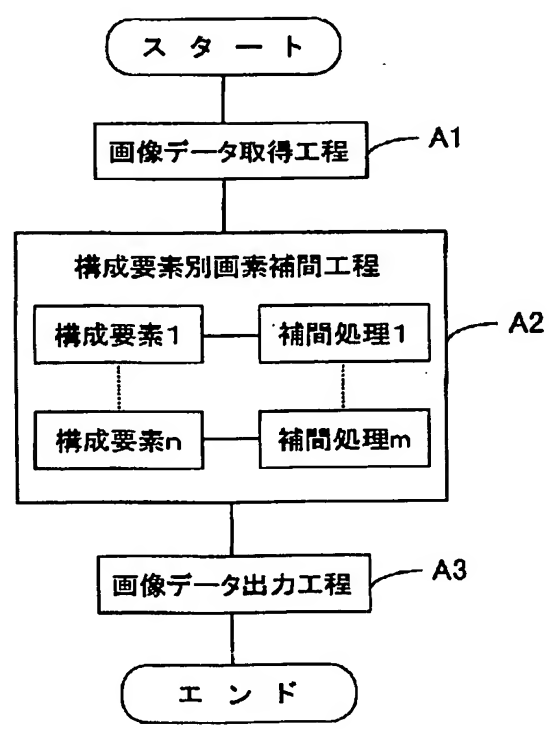
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像データ補間方法、画像データ補間装置および画像データ補間プログラムを記録した媒体

(57) 【要約】

【課題】 処理速度を重視するか画質を重視するかによってニアリスト法かキュービック法かを切り換えていたが、ユーザからは画質を劣化させることなくより高速な処理が望まれていた。

【解決手段】 R G B成分を含んでいたり、Y U V成分を含んでいたりする画像データについて、その構成要素に対して一律に一つの補間処理を実行するのではなく、その構成要素ごとに補間処理を変え (ステップ151, 152, 155, 156, 157, 158)、例えば、人間の視覚感度が鈍い成分については補間精度を低くして演算処理量を低減させたり、画素密度自体が低いというように情報量が減っている成分についても補間精度を低くして演算処理量を低減させることにより、画質を維持しつつ全体の演算処理量を低減させることが可能となる。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データを取得する画像データ取得工程と、  
各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間工程と、  
補間された画像データを出力する画像データ出力工程と  
を実行することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 2】** 上記請求項 1 に記載の画像データ補間方法において、上記構成要素として表色空間の座標軸を採用することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 3】** 上記請求項 2 に記載の画像データ補間方法において、上記表色空間は色分解された各要素色の座標軸を有するとともに各要素色に対する人の視覚感度の相違に基づいて補間精度の異なる補間処理を組み合わせていることを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 4】** 上記請求項 3 に記載の画像データ補間方法において、上記表色空間は輝度成分座標軸と色差成分座標軸とを有するとともに、上記構成要素別画素補間工程では、輝度成分の構成要素について色差成分の構成要素よりも補間精度の高い補間処理を組み合わせていることを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 5】** 上記請求項 1～請求項 4 のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データは構成要素ごとに実質的に相違する画素密度で構成され、上記構成要素別画素補間工程では高密度の構成要素に対して補間精度の高い補間処理を割り当てて実行することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 6】** 上記請求項 1～請求項 5 のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データ取得工程では、前準備として入力した画像データの表色空間を変換することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 7】** 上記請求項 1～請求項 6 のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データ取得工程では、複数の要素色の色フィルタが非均一密度でドットマトリクス状に配置された単板の固体撮像素子にて撮像された後、各要素色ごとに欠陥画素を演算にて補充して生成された画像データを取得するとともに、上記構成要素別画素補間工程では、同画像データの構成要素である低密度の要素色について画素をぼけさせる補間処理を実行することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 8】** 上記請求項 1～請求項 7 のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記構成要素別画素補間工程では、画像密度を向上させ、上記画像データ出力工程では、情報精度を劣化させることになる画像データの形式変換を実行することを特徴とする画像データ補間方法。

**【請求項 9】** カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データを取得する画像データ取得手段と、

各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間手段と、

補間された画像データを出力する画像データ出力手段と  
を実行することを特徴とする画像データ補間装置。

**【請求項 10】** カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データについてコンピュータにて画素を補間する画像データ補間プログラムを記録した媒体であって、

上記画像データを取得する画像データ取得ステップと、  
各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間ステップと、  
補間された画像データを出力する画像データ出力ステップと  
を実行することを特徴とする画像データ補間プログラムを記録した媒体。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、画像データ補間方法、画像データ補間装置および画像データ補間プログラムを記録した媒体に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** コンピュータなどで画像を扱う際には、画像をドットマトリクス状の画素で表現し、各画素を階調値で表している。例えば、コンピュータの画面で水平方向に 640 ドット、垂直方向に 480 ドットの画素で写真やコンピュータグラフィックスを表示することが多い。

**【0003】** 一方、カラープリンタの性能向上がめざましく、そのドット密度は 720 dpi というように極めて高精度となっている。すると、640×480 ドットの画像をドット単位で対応させて印刷させようとするとき極めて小さくなってしまふ。この場合、階調値も異なる上、解像度の意味合い自体が異なるのであるから、ドット間を補間して印刷用のデータに変換しなければならない。従来、このような場合にドットを補間する手法として、最近隣内挿法（ニアリストネイバ補間：以下、ニアリスト法と呼ぶ）や、3 次たまたみ込み内挿法（キュービックコンボリューション補間：以下、キュービック法と呼ぶ）などの手法が知られている。

**【0004】** ところで、ニアリスト法は演算処理が簡易である反面、画質の面で補間精度が高いとはいえない。一方、キュービック法は画質の面で補間精度が高いので

良好にも思われるが、演算処理の負担が大きい。従って、従来は時間がかかってもよいか否かに応じてニアリスト法かキュービック法かを決定していた。また、その選択をユーザに委ね、良好な画質を望む場合には時間がかかってしまうことを前提としてキュービック法を選択できるようにしていた。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の手法においては、処理速度を重視するか画質を重視するかによってニアリスト法かキュービック法かを切り換えていたが、ユーザからは画質を劣化させることなくより高速な処理が望まれていた。本発明は、上記課題にかんがみてなされたもので、画質を劣化させることなくより高速に画素補間を実現することが可能な画像データ補間方法、画像データ補間装置および画像データ補間プログラムを記録した媒体の提供を目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1にかかる発明は、カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データを取得する画像データ取得工程と、各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間工程と、補間された画像データを出力する画像データ出力工程とを実行する構成としてある。

【0007】 上記のように構成した請求項1にかかる発明においては、その対象とする画像データがカラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現し、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにしたものであり、画像データ取得工程にてこの画像データを取得すると、構成要素別画素補間工程では各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する。そして、続く画像データ出力工程でこの補間された画像データを出力する。

【0008】 すなわち、画像データの各構成要素について一律に一つの補間処理を実行するのではなく、その構成要素ごとに補間処理を変えている。その前提として、各構成要素について補間処理を高精度にすることが必ずしも画質に比例しない場合があるからである。従って、高精度に補間処理することがあまり画質に寄与しない構成要素については演算処理を簡易なものとし、補間処理の精度が敏感に画質に影響を与えるような構成要素については演算処理の負荷は大きいものの高精度な補間処理を対応づけて組み合わせることが妥当である。

【0009】 画像データの構成要素の最も顕著な一例を採用する画像データ補間方法として、請求項2にかかる発明は、請求項1に記載の画像データ補間方法におい

て、上記構成要素として表色空間の座標軸を採用する構成してある。画像データは一次元的な表現は不便であるので多次元的な表現が好ましく、多次元的に表現することによって表色空間を表す。従って、かかる表色空間ではその座標軸に一連の関連性があり、座標軸ごとに補間処理の負担と効果との対応関係が異なることが多い。このため、座標軸を基準として補間処理を変えることにより、最適な結果を導出させうる。

【0010】 表色空間の座標軸を構成要素として補間処理を対応づける一例として、請求項3にかかる発明は、請求項2に記載の画像データ補間方法において、上記表色空間は色分解された各要素色の座標軸を有するとともに各要素色に対する人の視覚感度の相違に基づいて補間精度の異なる補間処理を組み合わせた構成としてある。上記のように構成した請求項3にかかる発明においては、表色空間が色分解した複数の要素色によって表されているが、ここにおいて各要素色に対する人の視覚感度が相違することが多い。例えば、光の三原色として表されるR（赤）、G（緑）、B（青）の場合、青に対する人の視覚感度は低い。従って、青の成分について演算処理が簡易なものを実行したとしても補間結果はあまり劣化しない。すなわち、各要素色に対する人の視覚感度の相違に着眼し、感度の鋭い要素色に精度の高い補間処理を対応づけつつ、感度の鈍感な要素色に精度の低い補間処理を対応づければ、画質の劣化を感じさせることなく全体の演算処理量は低減する。

【0011】 表色空間における他の座標軸における適用例として、請求項4にかかる発明は、請求項2に記載の画像データ補間方法において、上記表色空間は輝度成分座標軸と色差成分座標軸とを有するとともに、上記構成要素別画素補間工程では、輝度成分の構成要素について色差成分の構成要素よりも補間精度の高い補間処理を組み合わせた構成としてある。上記のように構成した請求項4にかかる発明においては、上記表色空間は輝度成分座標軸と色差成分座標軸とを有しており、この場合に、上記構成要素別画素補間工程では、輝度成分の構成要素について補間処理を実行する際に色差成分の構成要素について実行する補間処理よりも補間精度を高くしている。

【0012】 例えば、テレビジョン放送の例からも明らかなように、情報量としては輝度信号の方が色差信号よりも絶対的に多い。別の言葉で表せば輝度信号を変調するのに要する周波数帯域の方が色差信号を変調するのに要する周波数帯域より広くなるのと同様である。このように輝度と色差とでは元々の情報量に偏りがあるため、情報量の多い輝度に演算処理を要する補間精度の高い補間処理を実行し、情報量の少ない色差にはあまり演算処理を要しない補間精度の低い補間処理を実行している。

【0013】 構成要素自体に他の構成要素との性質的な差異がある場合以外に、構成要素自体には差異が無くて

も別の要因によって実質的な差異が表れることもある。そのような場合に適用される一例として、請求項5にかかる発明は、請求項1～請求項4のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データは構成要素ごとに実質的に相違する画素密度で構成され、上記構成要素別画素補間工程では高密度の構成要素に対して補間精度の高い補間処理を割り当てて実行する構成としてある。

【0014】例えば、画像データの構成要素が各構成要素ごとに実質的に相違する画素密度で構成されることがある。この場合、画素密度の低い構成要素は他の構成要素と比較すると重要度が低かったり、情報量が多くないという背景に基づいて画素密度が低くなっていることが多い。従って、上記のように構成した請求項5にかかる発明においては、高密度の構成要素に対して補間精度の高い補間処理を割り当てて実行し、情報量の多い構成要素に対して重点的に演算処理量の負担を割くようにしている。

【0015】一方、画像データを取得する工程は既に用意されている画像データをそのまま入力するだけにとどまらず、画像データを生成する工程であるとか加工処理する工程などを含むものであっても構わない。従って、処理の全体としてみると表色空間の変換が必要な場合もあり、そのような場合に好適な例として、請求項6にかかる発明は、請求項1～請求項5のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データ取得工程では、前準備として入力した画像データの表色空間を変換する構成としてある。

【0016】先の例に照らしてみると、最初の画像データにおいては構成要素間に重要度の差異がなかったものの、後工程で要求される表色空間が輝度と色差の構成要素を必要とする場合には構成要素間に重要度のばらつきが生じるわけであり、このような変換が必要な場合には本発明が好適に適用されうる。従って、上記のように構成した請求項6にかかる発明においては、画像データ取得工程を実施する際に入力した画像データの表色空間を変換し、これに対して上述したような画素補間処理を実行した画像データを出力するので、以後の工程では画質が劣化することなく高速に画素補間処理された画像データを得られることになる。

【0017】ところで、画像データ取得工程が画像を取り込む工程も含む例として、デジタルスチルカメラなどのような撮像機器に適用されることもある。デジタルスチルカメラの場合、固体撮像素子で撮影を行うが、単板の固体撮像素子ではドットマトリクス状に感光素子を配置しながらRGBの三色を表現するのであるから、全感光素子をRGBの三色に割り振って利用することになる。従って、基盤の升目のように感光素子が配置されていれば、RGBのそれぞれは歯抜けの状態で割り振られ、現実にはかかる歯抜けの状態で受光しながらも画像

データとして出力する際にはRGBのそれぞれが基盤の升目の全てにデータを持つように欠けている画素のデータを演算で算出している。

【0018】このようにして画素のデータを補充する場合、各要素色ごとに密度が均一でないことなどから画像データににじみが発生することが知られている。これを解消するには画像、特に色差をぼかす処理が有用であるので、にじみを消すために画像をぼかす画像処理が別途行われている。このような背景の下で有効なのが請求項7にかかる発明であり、請求項1～請求項6のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記画像データ取得工程では、複数の要素色の色フィルタがドットマトリクス状に配置された単板の固体撮像素子にて撮像された後、各要素色ごとに欠陥画素を演算にて補充して生成された画像データを取得するとともに、上記構成要素別画素補間工程では、同画像データの構成要素である色差について画素をぼかさせる補間処理を実行する構成としてある。

【0019】上記のように構成した請求項7にかかる発明においては、画像データとして入力されているのは、上述したように、複数の要素色の色フィルタがドットマトリクス状に配置された単板の固体撮像素子にて撮像された後、各要素色ごとに欠陥画素を演算にて補充して生成されたものである。従って、にじみが生じてしまうことは避けられない。ここにおいて、色差について演算処理の負荷が大きい補間処理として画素をぼかさせる補間処理を対応づけておく。この結果、本来の補間という目的を果たしつつも、これと併せてにじみを低減させる効果を生じさせることになる。

【0020】同様に、画像データを出力する工程といっても画素補間した画像データを後工程に受け渡すだけにとどまらず、画像データからプリントアウトする工程であるとかデータ形式を変換する加工処理を行なう工程などを含むものであっても構わない。このような場合、後工程で要求される画像データの構成要素には上述したような偏りがあるものとする、単に表色空間を変換することによって本来の情報量が減ってしまうことになりかねない。すなわち、せっかく情報量の多い画像データであったにもかかわらず、そのようになってしまうのは残念である。このような場合に好適な一例として、請求項8にかかる発明は、請求項1～請求項7のいずれかに記載の画像データ補間方法において、上記構成要素別画素補間工程では、画像密度を向上させ、上記画像データ出力工程では、情報精度を劣化させることになる画像データの形式変換を実行する構成としてある。

【0021】上記のように構成した請求項8にかかる発明においては、予め演算処理に大きな負担をかけることなく高画質を維持できる構成要素別画素補間工程で画像密度を向上させておき、画像データ出力工程では情報精度を劣化させることになる画像データの形式変換を行な

う。このようにすると、画像密度を上げてから画像データの形式変換を行うだけのようであるが、情報量の少ない構成要素に対してデータが割り振られる際に、情報の落ちが少なくなるといえる。実質的にみても情報量が劣化するようなデータ形式であるものの、画像密度は高くなっているため両者を相殺したときに全体としては以前のデータ形式に近い情報量を維持しているといえるからである。

【0022】このように、画像データの各構成要素について一律に一つの補間処理を実行するのではなく、その構成要素ごとに補間処理を変える手法は実体のある装置において実現され、その意味で本発明を実体のある装置としても適用可能であることは容易に理解できる。このため、請求項9にかかる発明は、カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データを取得する画像データ取得手段と、各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間手段と、補間された画像データを出力する画像データ出力手段とを実行する構成としてある。

【0023】すなわち、実体のある装置としても有効であることに相違はない。このような画像データ補間装置は単独で実施される場合もあるし、ある機器に組み込まれた状態で他の方法とともに実施されることもあるなど、発明の思想としてはこれに限らず、各種の態様を含むものである。従って、ソフトウェアであったりハードウェアであったりするなど、適宜、変更可能である。発明の思想の具現化例として画像データ補間方法を実施するソフトウェアとなる場合には、かかるソフトウェアを記録した記録媒体上においても当然に存在し、利用されるといわざるをえない。

【0024】その一例として、請求項10にかかる発明は、カラーの自然画像をドットマトリクス状の画素で表現するとともに、各画素の色調や明るさを表現するために複数の構成要素ごとにその階調値で程度を表すようにした画像データについてコンピュータにて画素を補間する画像データ補間プログラムを記録した媒体であって、上記画像データを取得する画像データ取得ステップと、各構成要素の特性に応じて補間処理を対応付け、最適な組み合わせで補間処理を実行する構成要素別画素補間ステップと、補間された画像データを出力する画像データ出力ステップとを実行する構成としてある。

【0025】むろん、その記録媒体は、磁気記録媒体であってもよいし光磁気記録媒体であってもよいし、今後開発されるいかなる記録媒体においても全く同様に考えることができる。また、一次複製品、二次複製品などの複製段階については全く問う余地無く同等である。その他、供給方法として通信回線を利用して行なう場合でも

本発明が利用されていることにはかわりない。さらに、一部がソフトウェアであって、一部がハードウェアで実現されている場合においても発明の思想において全く異なるものではなく、一部を記録媒体上に記憶しておいて必要に応じて適宜読み込まれるような形態のものとしてあってもよい。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、画質を劣化させることなくより高速に画素補間を実現することができる。可能な画像データ補間方法を提供することができる。

【0027】また、請求項2にかかる発明によれば、表色空間の座標軸に対応させた構成要素を利用する場合に容易に適用可能となる。さらに、請求項3にかかる発明によれば、視覚の感度の相違に対応して補間処理を変えることにより、演算処理の負担が大きい補間処理を実行しても画質を劣化させないようにすることができる。さらに、請求項4にかかる発明によれば、輝度と色差という情報量に違いがある構成要素に着目し、情報量の低い色差の処理をはしよることによって画質を劣化させないようにすることができる。

【0028】さらに、請求項5にかかる発明によれば、画素密度の低い構成要素について演算処理の負担が小さい補間処理を実行することにより、もともと重要度の低い構成要素に対する演算処理量を低減させて高速化を図ることができる。さらに、請求項6にかかる発明によれば、表色空間の変更を必要とするような状況下において画素補間する場合に有効となる。さらに、請求項7にかかる発明によれば、固体撮像素子で撮影されたにじみのある画像データについて個別の画像処理を行うことなくにじみを低減させることができる。

【0029】さらに、請求項8にかかる発明によれば、必要とされる画像データが表色空間の性質から好ましくないような場合に、画素密度を上げることによってできるだけ元の情報を活かすことができるし、その際に演算処理量が多くならないので、処理に時間がかかるというような弊害も生じない。さらに、請求項9にかかる発明によれば、同様の効果を奏する画像データ補間装置を提供でき、請求項10にかかる発明によれば、画像データ補間プログラムを記録した媒体を提供できる。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の画像データ補間方法をフローチャートにより示しており、図2～図5は、本画像データ補間方法を実施するデジタルスチルカメラの概略構成をブロック図により示している。各種の機構および電子的な制御を行うのがコントローラ10であり、図3に示すようにその主たる構成はCPU11とROM12とRAM13とであり、これらはバス14を介して相互に接続されるとともにI/O15を介して外部の主構成部品と電気的に接続されている。

【0031】この主構成部品の一つとして撮像部20が



コントローラ 10 に接続されている。撮像部 20 については図 4 により詳細に示しており、光学系路 21 の一部として測距部 21a とオートフォーカス機構 21b とを備えている。本実施形態においては、測距部 21a にて三角法などによって距離を測定し、オートフォーカス機構 21b が測定結果に基づいて焦点合わせを行うようにしている。この場合、焦点合わせの対象となるのは予め予想された中央位置などとなる。また、撮像部 20 には、CCD 素子からなる撮像素子 22 と、この撮像素子 22 の出力データを所定増幅率で増幅する AGC 回路 23 と、同 AGC 回路 23 のアナログ出力値をデジタルデータに変換する A/D コンバータ 24 とが備えられている。これらは個々にコントローラ 10 と接続されて制御されるとともに、撮像データは A/D コンバータ 24 の変換データとして画像処理部 30 に出力されている。

【0032】画像処理部 30 は光学系路 21 の特性であるとか撮像素子 22 の特性をチューニングするために備えられたハードウェア回路である。単板の CCD 素子の場合には平面的に赤、緑、青の受光素子を配置せざるを得ず、縦横二次元に配列された個別の受光素子に赤緑青 (RGB) のフィルタを被せて被写体画像を撮像することになる。すると、図 6 に示すようにある画素は緑だけ、他の画素は赤だけ、次の画素は青だけのデータしか存在しないことになってしまうため、周りの画素から他の要素色のデータを補間生成することになる。フィルタ補間回路 31 はこのような補間演算をハードウェアで実現するものであり、単板 CCD 素子からなる撮像素子 22 において必須となる。なお、この例では画像データは赤、緑、青の三つの構成要素からなり、さらにこれらは光の三原色であって通常の色分解によって得られる構成要素である。また、この場合の表色空間は赤、緑、青の座標軸を有していることになる。

【0033】単板 CCD においては各画素の受光感度のバラツキが大きくないにしても RGB というフィルタを被せているので、自ずからその出力特性間には偏重が生じうる。自動ホワイトバランス回路 32 はこのような偏りを解消するものであるが、ハードウェア回路で実現するので概略的には平均的となるか特定の範囲のデータ分布が一定となるようにすることになる。また、 $\gamma$  補正回路 33 は撮像素子 22 の受光感度をフラットにすることが主たる役割である。

【0034】フィルタ補間回路 31 についてはデータが入力されれば機械的にそのまま実行されるだけであるが、自動ホワイトバランス回路 32 や  $\gamma$  補正回路 33 についてはハードウェア回路で設計された補正機能に加えてコントローラ 10 からの具体的な指示も入力可能であり、ホワイトバランスについても意図的にシフトすることが可能であったり、 $\gamma$  補正回路で各要素色毎に異なる  $\gamma$  補正を掛けるなどして能動的な調整を可能としている。

【0035】このような画像処理部 30 を経て画像データは、一旦、DRAM 40 に保存されるが、撮像素子 22 の出力イメージのままでは画像データが大きくなりすぎるため、コントローラ 10 は画像データを DRAM 40 から読み出し、符号化部 70 にて JPEG の圧縮フォーマットに変換させ、その後でフラッシュメモリ 60 に保存する。これらの他、コントローラ 10 には操作表示部 80 が接続され、図示しないシャッターボタンなどの各種操作子と共に LCD などの画像表示パネルも備えられている。むろん、コントローラ 10 は各操作子の操作状況を逐次入力しているし、撮像した画像を表示パネルに表示する。また、夜間撮影のためにストロボ 90 も備えられ、上記操作子で操作されたときあるいはコントローラ 10 によって所定の判断処理が行われたときに発光するようになっている。

【0036】本実施形態においては、以上のようなハードウェア構成となっているが、デジタルスチルカメラとしての構成は概略において共通するし、他の構成とすることも当然に可能である。また、この例ではデジタルスチルカメラとして実現しているが、デジタルビデオカメラなどに組み込んで実現することも可能である。コントローラ 10 は本デジタルスチルカメラの全体的な制御を行うが、撮影時の一連の処理の流れを図 7 のフローチャートに示している。撮像素子 22 の出力データは AGC 回路 23 に入力されて所定増幅率で増幅され、同 AGC 回路 23 のアナログ出力値は A/D コンバータ 24 でデジタルデータに変換される。この時点ではまだ色フィルタの配置に起因した歯抜けのデータであるため、フィルタ補間回路 31 が欠陥画素を補間し、自動ホワイトバランス回路 32 と  $\gamma$  補正回路 33 とで RGB の出力特性間偏重を解消しつつ、受光感度をフラットにする。

【0037】このようにして RGB という三原色を基準としたいわゆるビットマップ形式の画像データが生成されるが、最終的に必要なのは JPEG 方式の画像データであり、JPEG 符号化が必要である。この JPEG 符号化を行うにあたって RGB 形式のままでは演算処理の負担が大きいので、この負担を低減させるためにコントローラ 10 内部で RGB から YUV への表色空間の変換を行う。すなわち、三原色 RGB の各色ごとに明るさで階調表現していたものを、輝度 (Y) と色差 (U, V) で表現し直すためにデータ形式の変換を行う。むろん、RGB の表色空間と YUV の表色空間の間では色自体が変化するものではなく、単に座標系だけが変化することになる。そして、YUV の座標系へ変換した後で JPEG 符号化を行ってフラッシュメモリ 60 に保存する。

【0038】この場合は最終的なデータフォーマットが JPEG 方式であるが、この JPEG 方式は圧縮フォーマットであるが故に画像の劣化を伴う。従って、本実施形態ではできる限り画像品質を保持できるように JPE

G符号化を行う前に画像を拡大しておき、J P E G符号化を行ったときの劣化分を低減させることにしている。拡大は、少なくとも画素の欠陥が無くなっていて、各種の調整も終えた後であることが必要なため、実行できるのはステップ140よりも後である。従って、ステップ150においてRGBからYUVへ変換する前後で実現可能である。図8および図9は、前後のいずれかに行なうかに対応したフローチャートを示している。

【0039】図8はRGBの画像データに対して画素補間を行う例を示し、図9はYUVの画像データに対して画素補間を行う例を示しているが、ここにおいて特徴的なのは、いずれの場合でも全ての構成要素に対して一律の補間手法を実施していない点である。RGBの各構成要素が人間の視覚において完全に同等な感度ではないことがよく知られている。例えば、RGBのデータから簡易的に輝度Yを求める際には、

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

として計算されることが多い。この計算式からも明らかにB成分であれば全体の明度に対して11%の寄与しかしておらず、G成分は59%であって半分強を占めている。R成分は30%ではほぼ均等割りに近いが、それでもB成分の約3倍の寄与度がある。

【0040】これから言えるのは、B成分についての補間演算を高精度に行ったとしても画像データとして一つの画素を表す際の寄与度は極めて小さいし、逆に補間演算を簡易な演算によったとしても各画素への寄与度は小さいから画質の劣化もあまり影響しないということである。このため、RG成分についてはステップ151にて

演算処理の負担が大きいものの画質をシャープにできるキュービック法を採用するし、B成分については演算処理が簡易なニアリスト法を採用している。

【0041】ここでこれらのキュービック法の補間処理とニアリスト法の補間処理とについて説明する。各種の補間処理のうちで最もシンプルなものはニアリスト法の補間処理であり、図10に示すように周囲の四つの格子点 $P_{ij}$ 、 $P_{i+1j}$ 、 $P_{ij+1}$ 、 $P_{i+1j+1}$ と内挿したい点 $P_{uv}$ との距離を求め、もっとも近い格子点のデータをそのまま移行させる。これを一般式で表すと、

$$P_{uv} = P_{ij}$$

となる。ここで、 $i = [u + 0.5]$ 、 $j = [v + 0.5]$ である。なお、 $[\ ]$ はガウス記号で整数部分を取ることを示している。

【0042】ニアリスト法においては最も近い格子点を判断するものの、その格子点のデータをそのまま利用するので演算処理量が最も少ない。しかし、画像のエッジがそのまま保持される特徴を有するため、拡大すればジャギーが目立つので画質としては良好と言えない。一方、シャープでありながらジャギーを生じさせにくい高精度な補間処理がキュービック法であり、その反面演算処理量が大きいという特徴も有している。キュービック法は図11に示すように、内挿したい点 $P_{uv}$ を取り囲む四つの格子点のみならず、その一周り外周の格子点を含む計16の格子点のデータを利用し、3次たみ込み関数を用いた一般式は次式のようになる。

【数1】

$$P = [f(y_1)f(y_2)f(y_3)f(y_4)] \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{31} & P_{41} \\ P_{12} & P_{22} & P_{32} & P_{42} \\ P_{13} & P_{23} & P_{33} & P_{43} \\ P_{14} & P_{24} & P_{34} & P_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ f(x_3) \\ f(x_4) \end{bmatrix}$$

$$f(t) = \{\sin(\pi t)\} / \pi t$$

$$x_1 = 1 + (u - |u|) \quad y_1 = 1 + (v - |v|)$$

$$x_2 = (u - |u|) \quad y_2 = (v - |v|)$$

$$x_3 = 1 - (u - |u|) \quad y_3 = 1 - (v - |v|)$$

$$x_4 = 2 - (u - |u|) \quad y_4 = 2 - (v - |v|)$$

となる。これをPについて展開すると、

【数2】



$$\begin{aligned}
 P &= [f(y_1)f(y_2)f(y_3)f(y_4)] \begin{bmatrix} P_{11} \cdot f(x_1) + P_{21} \cdot f(x_2) + P_{31} \cdot f(x_3) + P_{41} \cdot f(x_4) \\ P_{12} \cdot f(x_1) + P_{22} \cdot f(x_2) + P_{32} \cdot f(x_3) + P_{42} \cdot f(x_4) \\ P_{13} \cdot f(x_1) + P_{23} \cdot f(x_2) + P_{33} \cdot f(x_3) + P_{43} \cdot f(x_4) \\ P_{14} \cdot f(x_1) + P_{24} \cdot f(x_2) + P_{34} \cdot f(x_3) + P_{44} \cdot f(x_4) \end{bmatrix} \\
 &= f(y_1) \{P_{11} \cdot f(x_1) + P_{21} \cdot f(x_2) + P_{31} \cdot f(x_3) + P_{41} \cdot f(x_4)\} \\
 &\quad + f(y_2) \{P_{12} \cdot f(x_1) + P_{22} \cdot f(x_2) + P_{32} \cdot f(x_3) + P_{42} \cdot f(x_4)\} \\
 &\quad + f(y_3) \{P_{13} \cdot f(x_1) + P_{23} \cdot f(x_2) + P_{33} \cdot f(x_3) + P_{43} \cdot f(x_4)\} \\
 &\quad + f(y_4) \{P_{14} \cdot f(x_1) + P_{24} \cdot f(x_2) + P_{34} \cdot f(x_3) + P_{44} \cdot f(x_4)\} \\
 &= P_{11} \cdot f(x_1) \cdot f(y_1) + P_{21} \cdot f(x_2) \cdot f(y_1) + P_{31} \cdot f(x_3) \cdot f(y_1) + P_{41} \cdot f(x_4) \cdot f(y_1) \\
 &\quad + P_{12} \cdot f(x_1) \cdot f(y_2) + P_{22} \cdot f(x_2) \cdot f(y_2) + P_{32} \cdot f(x_3) \cdot f(y_2) + P_{42} \cdot f(x_4) \cdot f(y_2) \\
 &\quad + P_{13} \cdot f(x_1) \cdot f(y_3) + P_{23} \cdot f(x_2) \cdot f(y_3) + P_{33} \cdot f(x_3) \cdot f(y_3) + P_{43} \cdot f(x_4) \cdot f(y_3) \\
 &\quad + P_{14} \cdot f(x_1) \cdot f(y_4) + P_{24} \cdot f(x_2) \cdot f(y_4) + P_{34} \cdot f(x_3) \cdot f(y_4) + P_{44} \cdot f(x_4) \cdot f(y_4)
 \end{aligned}$$

となる。なお、

【数 3】

$$\begin{aligned}
 f(t) &= \{\sin(\pi t)\} / \pi t \\
 &\approx \begin{cases} 1 - 2|t| + |t|^3 & : 0 \leq |t| < 1 \\ 4 - 8|t| + 5|t|^2 - |t|^3 & : 1 \leq |t| < 2 \\ 0 & : 2 \leq |t| \end{cases}
 \end{aligned}$$

と置換可能である。

【0043】従って、ステップ151でRG成分を高精度な補間処理で画素補間し、ステップ152でB成分について演算処理量の低い補間処理で画素補間することになる。このようにB成分について補間精度が低い補間処理を採用してはいるが、上述したようにB成分に対する人間の視覚が鈍感であるため、画質の劣化はあまり感じられず、その割には演算処理量を低減させる効果が得られるのである。ステップ153ではRGBからYUVへのデータ変換を行うが、具体的には、上述した輝度Yを利用し、

$$C1 = R - Y$$

$$C2 = B - Y$$

を求めた後、

$$V = C1 / 1.14$$

$$U = C2 / 2.03$$

として、YUVの全てを演算で求める。

【0044】一方、図9に示すように、先にステップ154にてRGBからYUVへのデータ変換を行い、その後、画素補間を行うことも可能である。この場合、ステップ155ではY成分についてのみキュービック法で画素補間し、ステップ156ではUV成分についてはニアリスト法で画素補間するようにしている。画像は白黒画像としても理解できるように、人間の視覚として輝度に対しては敏感であり、色差については比較的鈍感であ

る。従って、色差については補間精度は低いものの演算処理の簡易なニアリスト法を採用し、最も重要な輝度についてだけ高精度な補間処理であるキュービック法を採用している。

【0045】図8に示す順番と図9に示す順番とを比較した場合、図9に示す場合の方がキュービック法の演算処理を施す画素数が少ないことは明らかであり、その意味では後者の方が演算処理を低減させる上でより効果的である。なお、図7に示すフローチャートと図1に示す本発明の画像データ補間方法とを対応づけると、画像データ取得工程A1はステップ100～ステップ140までが該当するし、構成要素別画素補間工程A2はステップ150が該当するし、画像データ出力工程A3はステップ160とステップ170が該当するといえる。

【0046】以上の処理では、RGBの座標系とLUVの座標系を利用する場合について説明したが、他の座標系であるLabやLuvやYCCなどにおいても構成要素に各座標軸を採用するようなものについても同様に適用できる。ところで、上述したRGBからYUVへの座標変換時、輝度Yに対する色差UVの重要度の低さを予め考慮して実質的な画素密度を低減化することも多い。図13は輝度Yの画素密度と色差UVの画素密度との差を示している。画像データを構成する各画素ごとに輝度Yのデータは独立しているのに対し、色差UVのデータは左右の2画素ごとに一つのデータが割り当てられているので、データ量は同等であっても実質的な情報量は半分となっている。この意味で実質的な画素密度は均等ではない。

【0047】上述したフィルタ補間回路31がハードウェア的にこのような変換を行う場合には、RGBからYUVへの変換であるステップ150の処理として図9に示す処理が妥当である。すなわち、ハードウェアで色差UVの画素密度が減っているのであるから、これに対し

て高精度な補間処理を実施したとしてもあまり意味がない。従って、ニアリスト法で画素補間することとし、それによって演算処理量の低減を図ることとする。

【0048】また、撮像素子22は単板のCCD素子に図6に示すようなRGBのフィルタを配置して構成されていることは上述したが、欠けている画素を隣接している現実の画素に基づいて当該欠陥画素を補充しているのがフィルタ補間回路31である。しかしながら、このような補充を行うと色にじみが発生しやすい。例えば、図14(a)において、矢印(→)で示す中段の色フィルタに着目する。そして、同図(b)に示すように中央から左半分に光が当たっており(白色部分)、同中央から右半分には光が当たっていない(黒色部分)ものとする。ここにおいて、光があたっている状態の各色の色信号レベルを「1」とし、光が当たっていない状態の同色信号レベルを「0」とすると、RおよびGの色信号レベルは、本来、同図(c)に示す値になるはずである。

【0049】しかし、Rの色フィルタの画素についてはGの色信号は直接的には得られないし、Gの色フィルタの画素についてはRの色信号は直接的に得られず、結局、Rの色フィルタに対応する画素のGの色信号については、隣接する画素におけるGの色信号を線形補間して得ることになる。他方、Gの色フィルタに対応する画素のRの色信号についても、隣接する画素におけるRの色信号を線形補間して得る。すると、各画素におけるGおよびRの色信号レベルは、それぞれ同図(d)および(e)に示す値となる。この結果、光が当たる領域と光が当たらない領域との境界付近の画素に偽の色信号が発生し、この偽の色信号により画像上に色にじみが発生する。特に、この色にじみはグレイ・ホワイト間の境界に顕著に現れることが知られている。

【0050】このような色にじみを低減するには、色差データに対して平滑化フィルタ(ローパスフィルタ)を作用させる画像処理を行なうと、色にじみが目立たなくなる。従って、従来は色にじみを低下させるために色差UVに対して平滑化フィルタを適用する画像処理を行なっていた。しかしながら、このような色にじみを低減させるためという目的においても、本発明は極めて有効である。図15は色にじみを同時に低減させることが可能な画素補間処理の主要部をフローチャートにより示しており、図9に示すものと比較してY成分についてのキュービック法の補間処理に代えてステップ157にてMキュービック法の補間処理を実行し、UV成分についてのニアリスト法の補間処理に代えてステップ158にてバイリニア法の補間処理を実行するようにしている。ここで、これらのMキュービック法の補間処理とバイリニア法の補間処理について説明する。

【0051】キュービック法では一方の格子点から他方の格子点へと近づくにつれて徐々に変化していき、その変化具合がいわゆる3次関数的になるという特徴を有し

ている。キュービック法によれば3次関数的に表せる以上、そのカーブの形状を調整することによって補間結果の品質を左右することができる。その調整の一例として、

【数4】

$$0 < t < 0.5 \quad f(t) = -(8/7)t^{*3} - (4/7)t^{*2} + 1$$

$$0.5 < t < 1 \quad f(t) = (1-t)(10/7)$$

$$1 < t < 1.5 \quad f(t) = (8/7)(t-1)^{*3} + (4/7)(t-1)^{*2} - (t-1)$$

$$1.5 < t < 2 \quad f(t) = (3/7)(t-2)$$

としたものをMキュービック法と呼ぶことにする。

【0052】図12には上述したキュービック法やニアリスト法とともにこのMキュービック法における補間関数 $f(t)$ を示している。同図において、横軸に位置を示し、縦軸に補間関数を示している。 $t=0$ 、 $t=1$ 、 $t=2$ の位置に格子点が存在し、内挿点は $t=0 \sim 1$ の位置となる。キュービック法とMキュービック法とを比較すると、Mキュービック法の方が3次関数的なカーブがわずかに急峻となり、画像全体のイメージがよりシャープとなる。

【0053】次に、バイリニア法(共1次内挿法)の補間手法を説明すると、図12に示すように、一方の格子点から他方の格子点へと近づくにつれて徐々に変化していく点でキュービック法やMキュービック法と共通するが、その変化が両側の格子点のデータだけに依存する一次関数的となっている。すなわち、図10に示すように内挿したい点 $P_{uv}$ を取り囲む四つの格子点 $P_{ij}$ 、 $P_{i+1j}$ 、 $P_{ij+1}$ 、 $P_{i+1j+1}$ で区画される領域を当該内挿点 $P_{uv}$ で四つの区画に分割し、その面積比で対角位置のデータに重み付けする。これを式で表すと、

$$P = \frac{\{(i+1)-u\} \cdot \{(j+1)-v\}}{\{(i+1)-u\} \cdot \{v-j\} + \{u-i\} \cdot \{(j+1)-v\}} P_{ij} + \frac{\{(i+1)-u\} \cdot \{v-j\}}{\{(i+1)-u\} \cdot \{v-j\} + \{u-i\} \cdot \{(j+1)-v\}} P_{i+1j} + \frac{\{u-i\} \cdot \{(j+1)-v\}}{\{(i+1)-u\} \cdot \{v-j\} + \{u-i\} \cdot \{(j+1)-v\}} P_{ij+1} + \frac{\{u-i\} \cdot \{v-j\}}{\{(i+1)-u\} \cdot \{v-j\} + \{u-i\} \cdot \{(j+1)-v\}} P_{i+1j+1}$$

となる。なお、 $i=[u]$ 、 $j=[v]$ である。

【0054】キュービック法とバイリニア法では、その変化状況が3次関数的であるか1次関数的であるかが異なり、画像として見たときの差異は大きい。バイリニア法の場合、隣接する二点間( $t=0 \sim 1$ )で直線的に変化するだけであるので境界をスムージングすることになり、画面の印象はぼやけてしまう。これは画像に対して平滑化フィルタをかけたのと同様の効果を得られる。図15に示すフローチャートにおいて、ステップ154ではRGBからYUVへのデータ変換を行い、ステップ157では輝度であるY成分についてMキュービック法で画素補間すると、図9に示したキュービック法の場合以上にシャープな画像が得られる。また、ステップ158では色差であるUV成分についてバイリニア法で画素補間するので、必要数の画素に拡大されつつ、平滑化フィ

ルタをかけたのと同様になる。従って、色差自体がばける感じとなり、色にじみは低減される。

【0055】以上は、本発明をデジタルスチルカメラ内での画像処理に適用しているが、画素補間処理を行なう過程で構成要素ごとに補間手法を代えるのはこのような場合に限定されるわけではない。図16はこのようにして撮影された画像データに基づいてパソコンの画面に表示したり印刷したりする場合の概略のデータの流れを示している。フラッシュメモリあるいはハードディスクに転送された画像データをステップ200にて読み出し、ステップ210にてJPEG複合化を行うと画像データはYUV形式で復元される。パソコン内ではRGB形式による処理が基本であるため、ステップ220にてYUVからRGBへデータ変換し、ステップ230にてプリンタに印字させたりディスプレイに表示したりする。

【0056】ディスプレイに表示する場合には解像度変換を要することは多くないが、プリンタの解像度は非常に高いため、画像データの解像度を上げる必要がある。従って、この場合も先ほどと同様にしてYUVで画素補間したり、RGBで画素補間するべく、ステップ220のデータ変換時に図8や図9に示すようにして画素補間する。すると、画質を維持しつつ処理速度を高速化させることができる。このように、RGB成分を含んでいた、YUV成分を含んでいたりする画像データについて、その構成要素に対して一律に一つの補間処理を実行するのではなく、その構成要素ごとに補間処理を変え（ステップ151、152、155、156、157、158）、例えば、人間の視覚感度が鈍い成分については補間精度を低くして演算処理量を低減させたり、画素密度自体が低いというように情報量が減っている成分についても補間精度を低くして演算処理量を低減させることにより、画質を維持しつつ全体の演算処理量を低減させることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる画像データ補間方法のフローチャートである。

【図2】同画像データ補間方法を適用したデジタルスチルカメラのブロック図である。

【図3】同デジタルスチルカメラにおけるコントローラのブロック図である。

【図4】同デジタルスチルカメラにおける撮像部のブロック図である。

【図5】同デジタルスチルカメラにおける画像処理部ブロック図である。

【図6】同デジタルスチルカメラにおけるフィルタとフィルタ補間結果を示す図である。

【図7】同デジタルスチルカメラにおける撮影時のフローチャートである。

【図8】RGB成分について構成要素別に補間処理する場合のフローチャートの一部である。

【図9】YUV成分について構成要素別に補間処理する場合のフローチャートの一部である。

【図10】基本的な画素補間で生成される画素を示す図である。

【図11】キュービック法の画素補間手法を示す図である。

【図12】画素補間で利用する補間関数の変化を示す図である。

【図13】構成要素ごとに実質的な画素密度が相違する場合を示す図である。

【図14】色フィルタの配置に基づいて色にじみが発生する状況を示す図である。

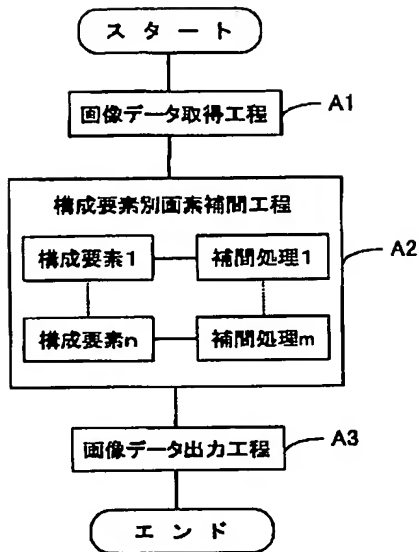
【図15】構成要素ごとに補間処理を変えつつ色にじみを低減させる場合のフローチャートの一部である。

【図16】パソコンで画像データを処理する過程を示すフローチャートである。

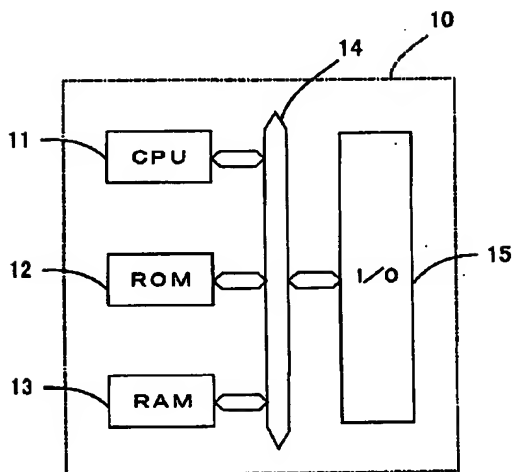
#### 【符号の説明】

- 10…コントローラ
- 11…CPU
- 12…ROM
- 13…RAM
- 14…バス
- 20…撮像部
- 21…光学系路
- 21a…測距部
- 21b…オートフォーカス機構
- 22…撮像素子
- 23…AGC回路
- 24…A/Dコンバータ
- 30…画像処理部
- 31…フィルタ補完回路
- 32…自動ホワイトバランス回路
- 33… $\gamma$ 補正回路
- 40…DRAM
- 60…フラッシュメモリ
- 70…符号化部
- 80…操作表示部
- 90…ストロボ

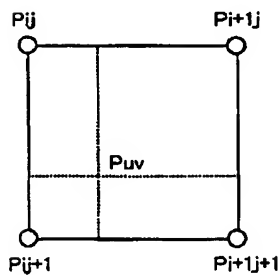
【図1】



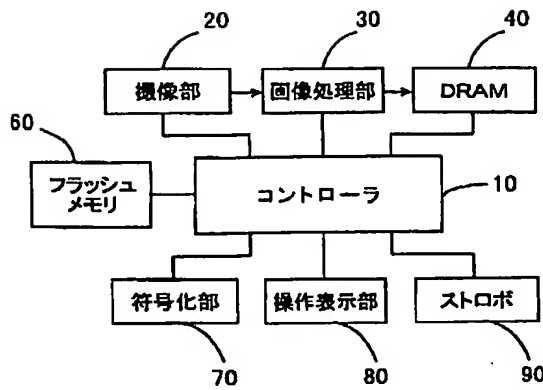
【図3】



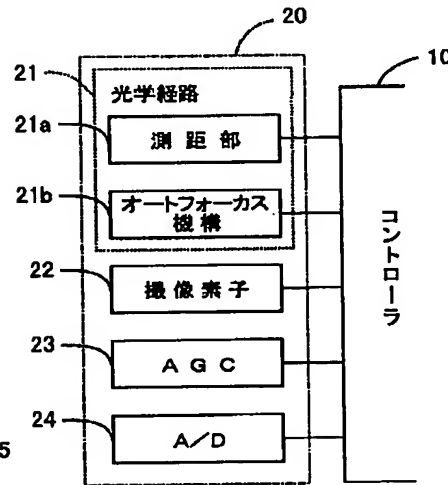
【図10】



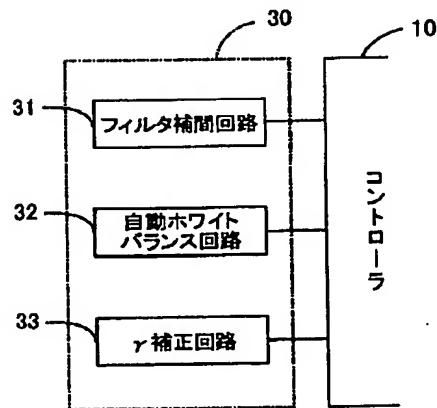
【図2】



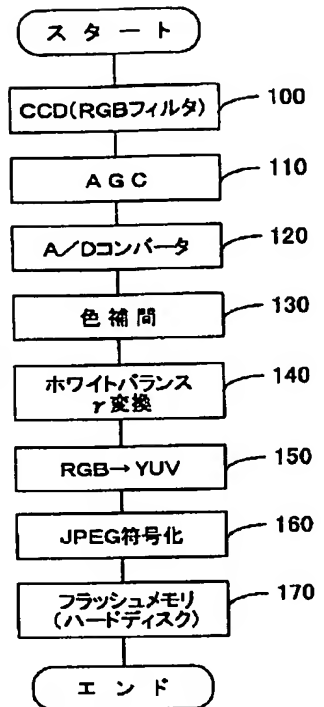
【図4】



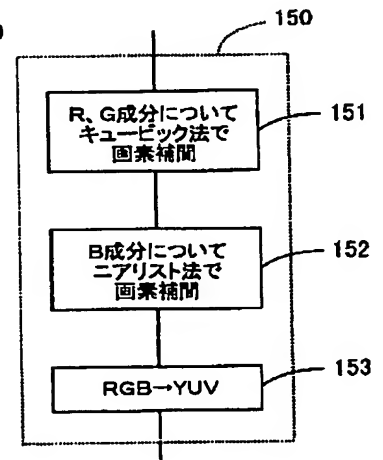
【図5】



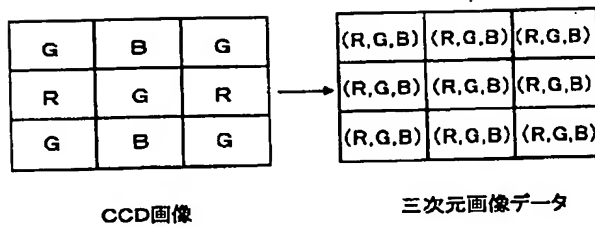
【図7】



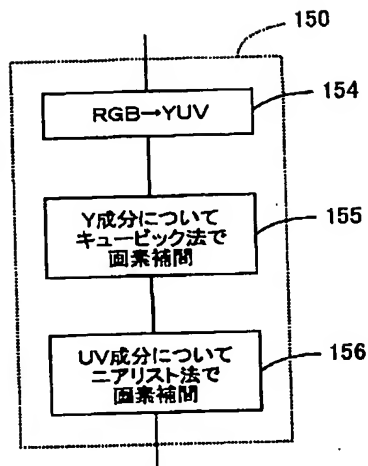
【図8】



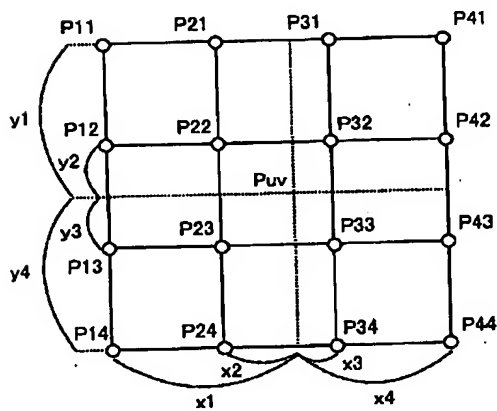
【図6】



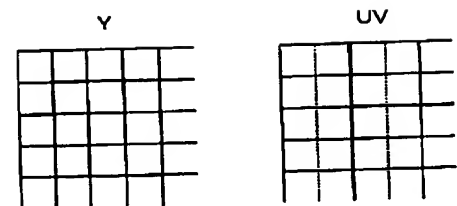
【図9】



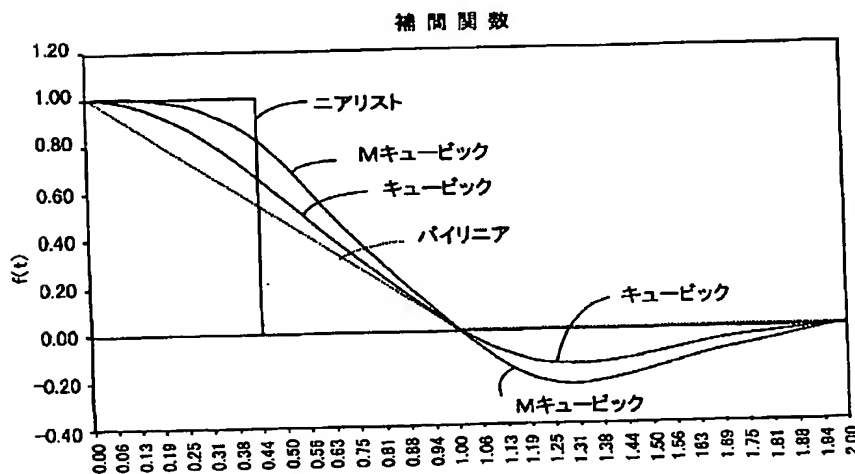
【図11】



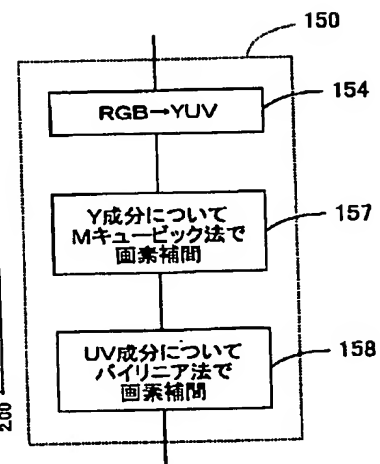
【図13】



【図12】



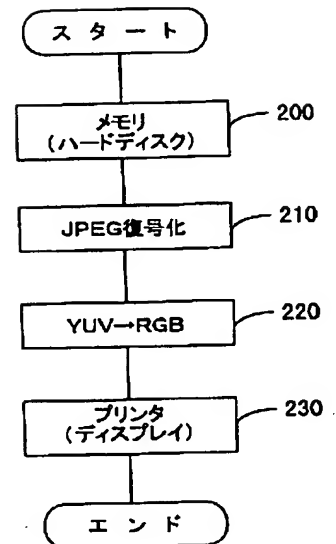
【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 9 G 5/00

識別記号

5 2 0

F I

G 0 6 F 15/68

テーマコード' (参考)

3 1 0 A

F ターム (参考) 2C262 AA24 AB19 AC08 BA16 BA17  
 DA11 DA16 EA10  
 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16  
 CB01 CB08 CB12 CB16 CC01  
 CD06 CE04 CE17 CE18 CH18  
 5C076 AA21 AA22 BB04  
 5C080 AA10 BB05 CC03 DD07 DD08  
 EE21 FF09 GG07 GG09 JJ02  
 JJ05 JJ07  
 5C082 AA00 AA01 AA27 AA32 BA12  
 BA34 BA35 BB15 BB44 CA33  
 CA81 CA84 DA51 DA86 MM02  
 MM10